Ueber
die Arbeitsleistung der Kaumuskeln.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät

der

Friedrich-Alexander Universität Erlangen

vorgelegt

von

Arthur Schroeder
aus **Greifswald.**

Tag der mündlichen Prüfung: 11. December 1895.

Greifswald.
Druck von Julius Abel.
1896.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543506_0115

Seinen lieben Eltern

zugeeignet

vom

Verfasser.

Auf Anregung des Herrn Professor Dr. J. Rosenthal unternahm ich es, Versuche über die Arbeitsleistung der Kaumuskeln des Menschen zu machen. Der Forscher, der sich mit den Lebenserscheinungen im tierischen Organismus beschäftigt, findet, wie Rosenthal treffend bemerkt, neben dem Studium der durch die Nerven vermittelten Empfindung wohl kaum ein interessanteres als dasjenige der Bewegung welche die Thätigkeit der Muskeln verrät. Jedoch viele und wie bedeutende Geister auch diesem Studium einen grossen Teil ihrer Kraft gewidmet haben mögen, hier und dort zeigt sich uns noch immer eine Lücke, noch immer eine Frage, die sich vordem noch niemand gestellt oder deren Beantwortung sich noch niemand unterzogen hat. Wenn ich nun zwar dem geneigten Leser nicht versprechen kann, dass sich ihm in dieser kleinen Schrift etwas überraschend Neues darbieten wird, so hoffe ich doch, dass derselbe, am Schlusse dieser Zeilen angelangt, zugeben wird, dass dasjenige, was ich schrieb, nicht alles Interesses unwert sei.

Ich habe also im Beginne meiner Abhandlung von Versuchen über die Arbeitsleistung der Kaumuskeln gesprochen. Bevor ich nun aber darauf eingehe; zu schildern, wie ich diese Versuche anstellte und zu welchen Resultaten ich bei denselben gekommen bin, will ich zur Orientierung erst einiges über die anatomische Beschaffenheit des Kiefergelenks und der Kaumuskeln vorausschicken.

Die Kaumuskeln haben die Aufgabe, den Unterkiefer

gegen den Oberkiefer zu bewegen. Diese Bewegung geschieht vermittelst zweier symmetrischer Gelenke, welche der Unterkiefer mit dem Schädel bildet, der Kiefergelenke (Articulationes cranio-mandibulares), und zwar beteiligt sich hieran der Schädel mit der Forra glenoidalis der Schläfenbeinschuppe und dem Tuberculum articulare, der Unterkiefer durch das Capitulum des Processus condyloideus. Zwischen der Forra glenoidalis und dem Tuberculum articulare einerseits sowie dem Capitulum andererseits, von denen die Fossa bindegewebigen Überzug hat, während das Tuberculum und das Capitulum knorpeligen besitzen, befindet sich die Bandscheibe, der Meniscus interarticularis. Sie besteht aus Bindegewebe, ist biconcav gestaltet und passt sich so mit zwei Gelenkpfannen dem Tuberculum und dem Condylus an. Die Kapsel, welche die das Gelenk constituierenden Teile umschliesst, entspringt an der Peripherie der Fossa glenoidalis und befestigt sich rings unterhalb der Gelenkfläche des Processus condyloideus. Zur Verstärkung des Gelenkes dienen ausserdem das Ligamentum laterale externum, das vom Processus zygomaticus bis zum Unterkieferhals reicht, das Ligamentum stylomaxillare, das vom Processus styloideus nach dem Angulus mandibulae und das Ligamentum pterygo-maxillare, das vom Hamulus pterygoideus bis zur Linea mylohyoidea verläuft. Das Ligamentum laterale internum steht in keiner Beziehung zum Mechanismus des Kiefergelenks. Die Bewegungen, welche das Gelenk gestattet, sind Öffnung und Schliessung (in der Sagittalebene), Vor- und Rückwärtsbewegung (in der Horizontalebene), Rechts- und Linksbewegung (in der Frontalebene).

Gehen wir nun zu den einzelnen Componenten der Kiefermuskulatur über, welche bei den niederen Wirbeltieren nur von einem einzigen Muskelpaare gebildet wird, so finden wir beim Menschen vier Paare, von denen zwei,

der Musculus Masseter und der Musculus Temporalis oberflächlich, zwei, der Ptergoidous internus und der Ptergoideus extermus tiefer, medial vom Unterkiefer gelegen sind. Die Innervation der Kaumuskeln geschieht vom dritten Art des Trigeminus.

Der Musculus Masseter setzt sich aus zwei Portionen zusammen. Die vordere läuft, sehnig vom unteren Jochbeinrand und vom Jochfortsatz ausgehend, nach abwärts und etwas nach hinten und inseriert sich mit fleischigem Ansatz breit am Unterkieferwinkel, die hintere, tiefer gelegene Schicht entspringt fleischig vom Jochfortsatz des Schläfenbeins und geht mit fast senkrecht absteigenden Fasern, sehnig endend zur Mitte des Kieferastes. Der Masseter zieht den abgezogenen Unterkiefer an.

Der Musculus Temporalis oder Crotaphites entspringt mit einem Teile vom Planum temporale, welches von dem Stirnbein, dem Seitenwandbein, der Schläfenbeinschuppe und der Schläfenfläche des grossen Keilbeinflügels gebildet wird, und das er fächerförmig bedeckt, mit einem anderen allerdings weit schwächeren Teile von der Fossa temporalis profunda. Die Fasern des Musculus Temporalis laufen teils schräg von hinten oben nach vorn, teils senkrecht abwärts, teils fast horizontal über den Processus zygomaticus in der Gegend der Schläfengrube zusammen und inserieren sich dann mittelst einer starken Sehne am Processus coronoideus, indem sie denselben einschliessen. Der Temporalis wird überdies von der Fascia temporalis bedeckt, die an der Linca semicircularis entspringt und sich an der Jochbrücke in zwei Blätter spaltet. Die Wirkung des Temporalis besteht einerseits in Unterstützung der Masseterfunction, zum anderen darin, dass er den vorgeschobenen Unterkiefer d. h. also den auf das Tuberculam articulare getretenen Gelenkkopf wieder in die Pfanne zurückzieht.

Der Pterygoideus externus entspringt mit einer grösseren

Portion an der lateralen Lamelle des Processus pterygoideus, mit einer kleineren an der Unterfläche des grossen Keilbeinflügels. Beide Portionen convergieren nach hinten und heften sich zum grössten Teil am Hals des Processus condyloideus in einer dort befindlichen Grube an. Teilweise inseriert sich der Muskel auch an die Kapsel und an die Bandscheibe, sodass diese in gleicher Weise wie der Unterkiefer bewegt wird. Der Pterygoideus zieht den Unterkiefer nach vorn, aus der Fossa auf das Tuberculum articulare. Die einzeitige Wirkung dieses Muskels bringt die sogenannte Mahlbewegung zu stande.

Der Pterygoideus internus kommt aus der Fossa pterygoidea, verläuft median vom Pterygoideus externus und inseriert sich an der Innenfläche des Unterkieferwinkels dem Masseteransatze gegenüber. Der Pterygoideus internus bewirkt hauptsächlich das Anziehen des Unterkiefers, unterstützt aber auch den Externus in der Vorwärtsbewegung des Unterkiefers.

Wenden wir uns nun unserer eigentlichen Aufgabe, den Versuchen über die Arbeitsleistung der Kaumuskeln zu! Was wir zunächst unter der Arbeitsleistung eines Muskels verstehen, wird, wie ich denke, aus Nachfolgendem erhellen. Hängen wir einen frisch ausgeschnittenen Muskel etwa in einem Myographion auf und wenden auf ihn einen electrischen Reiz an, so sehen wir, dass der Muskel zuckt und sich vorübergehend zu verkürzen trachtet. Haben wir nun vorher an sein unteres Ende eine Last gebracht, und hat der Muskel dieselbe bei seiner Contraction gehoben, so hat er damit eine Arbeit verrichtet. Es sind sich bei diesem Vorgange zwei Kräfte entgegengetreten, die dehnende Kraft der Last und das Contractionsbestreben der Muskelfasern. Wenn der Muskel sich verkürzt, so ist damit bewiesen, dass seine Kraft grösser war als das angehängte Gewicht. Wenn wir aber

das angehängte Gewicht unterstützen, sodass es den Muskel nicht dehnen kann, und dann den letzteren reizen, so kann er das Gewicht nur heben, wenn seine Kraft grösser ist als das Gewicht. Sind beide gleich gross, so behält der Muskel seine Ruhelänge. Aus diesem Widerstreit der beiden erwähnten Kräfte also resultiert Ruhe, und da beide Kräfte gleich gross sind und in entgegengesetzter Richtung wirken, so können wir die eine durch die andere messen. d. h. wir können die Kraft, welche der Muskel entwickelt, in Kilogrammen ausdrücken. Die maximale Kraft eines Muskels wird daher durch dasjenige Gewicht bestimmt, welches seine Verkürzung eben hindert. Dieselben Erscheinungen aber, welche an dem ausgeschnittenen Muskel zu Tage treten, und dieselben Gesetze, die für diesen gelten, gelten auch für den Muskel im lebenden Organismus.

Die Kraft eines Muskels setzt sich nun aus der Kraft seiner einzelnen Fasern zusammen und ist bedingt durch seinen Ernährungszustand und seine Form. Sie kommt aber nur bei solchen Muskeln in einfacher Weise zum Ausdruck, deren Fasern sämtlich gleiche Länge besitzen und unter einander parallel sind. Bei Muskeln, welehe eine fächerförmige, gefiederte oder halbgefiederte Anordnung ihrer Fasern besitzen, wirken diese in ihrer Gesamtheit betrachtet, nach dem Satze vom Parallelogramm der Kräfte. Die Kraft eines Muskels ist aber nicht blos von seinem inneren Baue, sondern auch besonders von der Art seiner Anheftung an den Knochen abhängig. Denn bekanntlich wirken die Muskeln als Zugkräfte auf die Knochen, welche gleichsam Hebelarme darstellen. Je mehr sich der Insertionswinkel zwischen Muskel und Knochen einem rechten Winkel nähert, desto grösser wird der Krafteffect sein. Hinsichtlich der Kaumuskulatur tritt der Unterkiefer jederseits des Schädels als ein einarmiger Hebel auf, bei dem der Angriffspunkt der Kraft dem Unterstützungspunkte

näher liegt als der der Last. Den Dreh- oder Unterstützungspunkt bildet das Kiefergelenk, den Angriffspunkt der Kraft die Insertionen der Kaumuskeln, den Belastungspunkt die untere Zahnreihe. Da nun die Linie, welche die Zugrichtung eines Muskels bezeichnet, nur in seltenen Fällen eine Senkrechte zu seinem Knochenhebel bildet, so kann auch bei der Kaumuskulatur wohl nicht die ganze Zugkraft der Muskeln wirksam sein, sondern immer nur eine den Knochen im rechten Winkel treffende Componente. Fragen wir uns nun im Weiteren nach der Leistungsfähigkeit der Kaumuskeln, so haben wir dazu nicht nötig, uns mit peinlichen Berechnungen abzumühen. Wir können diese einfach durch augenfällige Versuche ausfindig machen.

Zum Zwecke solcher Versuche liess Herr Professor Rosenthal einen Apparat construieren, welchen beifolgende Zeichnung veranschaulichen mag. *CD* stellt eine an der senkrechten Stange *HI* im rechten Winkel angebrachte schmale Platte dar, welche, vorn bei *C* etwas verbreitert, den Zweck hat, den Oberkiefer zu stützen, während die Stirn durch die Kopflehne *F* fixiert wird. *AB* ist ein ungleicharmiger Hebel, welcher im Angriffspunkte der Kraft *A* einen an die untere Zahnreihe zu bringenden Haken ab trägt. Die beiden Hebelarme verhalten sich genau wie 1 : 2, weshalb die bei *B* wirkenden Gewichte verdoppelt werden müssen, um ihr bei *A* wirkendes Moment richtig zu berechnen. Hebt nun der Unterkiefer den Haken bei *a*, indessen der Oberkiefer auf *cd* und die Stirn in *F* ruht, so hebt er die Wage *H*, welche an einer Schnur *L* befestigt ist, die, vom Hebelende *B* ausgehend, über eine an *CD* angebrachte feste Rolle E gleitet. Der Hebel *AB* kann von *CD* entfernt werden, wodurch also bei Hebeversuchen eine mehr oder minder grosse Dilatation der Kiefer bewirkt wird. Das Gewicht *G* soll der Wage *H* als Gegengewicht dienen. Die Vermehrung oder Ver-

minderung des Abstandes zwischen dem Hebel *AB* und der Platte *CD* stellt jedesmal in Centi- und Millimetern der Massstab *xy* dar.

Es handelte sich bei dem mit dem soeben beschriebenen Apparate zu machenden Versuchen hauptsächlich um die Beantwortung zweier Fragen. Welches sind ungefähr die Maximalgewichte, welche der Unterkiefer in dieser oder jener durch verschieden weite Eröffnung der Zahnreihen verursachten Stellung desselben zum Oberkiefer eben noch zu heben vermag, und welches ist das Verhältnis dieser Maximalgewichte bei verschiedenen Stellungen des Unterkiefers zu einander? Mit anderen Worten hinsichtlich der letzteren Frage: Wirkt die Kiefermuskulatur bei nahezu geschlossenem Munde kräftiger als bei weit geöffnetem oder ist vielleicht das Umgekehrte der Fall? Oder liegt etwa die grösste Leistungsfähigkeit in der Mitte zwischen beiden Annahmen, oder existiert schliesslich gar kein Unterschied? Die Berechtigung zu diesen Erwägungen liegt auf der Hand. Denn wenn wir uns vorstellen, wie sich der Mund öffnet und der Unterkiefer sich dabei vorn an der Protuberantia mentalis nach unten neigt, so drängt sich uns auch sogleich der Gedanke auf, ob nicht in jedem Augenblicke des Oeffnungsvorganges auch die Hebelverhältnisse des Kiefers sich ändern, ob nicht vor allen Dingen der Insertionswinkel zwischen Muskeln und Knochen eine Veränderung erleidet. Und wenn dieses der Fall ist, so überlegen wir weiter, sollte nicht dadurch auch eine Verschiedenheit in der Leistung hervorgebracht werden? Wir wollen uns über diesen Punkt in der Folge belehren.

Im Nachstehenden gebe ich zunächst in Tabellen die Werte, welche ich durch grösstenteils an mir selbst gemachte Versuche gefunden habe. Es kam in jeder Stellung der Kiefer zu einander vorzüglich darauf an, bei Bewältigung der Belastungen die gleiche Willensstärke zu

entwickeln. Die Tabellen beginnen mit einer Eröffnung der Zahnreihen von 7 Millimetern und schliessen mit einer solchen von 30 Millimetern.

I. Versuch.

Bei Eröffnung der Zahnreihen:	Gehobene Gewichte:
von 7 mm	40 Kilo
„ 10 „	40 „
„ 15 „	39 „
„ 20 „	42 „
„ 25 „	42 „
„ 30 „	39 „

II. Versuch.

von 30 mm	39 Kilo
„ 25 „	42 „
„ 20 „	42 „
„ 15 „	42 „
„ 10 „	42 „
„ 7 „	42 „

III. Versuch.

von 7 mm	42 Kilo
„ 10 „	42 „
„ 15 „	42 „
„ 20 „	42 „
„ 25 „	42 „
„ 30 „	39 „

IV. Versuch.

von 30 mm	39 Kilo
„ 25 „	42 „
„ 20 „	45 „
„ 15 „	45 „
„ 10 „	42 „
„ 7 „	42 „

V. Versuch.

von 7 mm	42 Kilo
„ 10 „	43 „
„ 15 „	45 „
„ 20 „	45 „
„ 25 „	45 „
„ 30 „	42 „

VI. Versuch.

von 7 mm	44 Kilo
„ 10 „	44 „
„ 15 „	47 „
„ 20 „	47 „
„ 25 „	47 „
„ 30 „	42 „

VII. Versuch.

von 30 mm	42 Kilo
„ 25 „	47 „
„ 20 „	47 „
„ 15 „	47 „
„ 10 „	47 „
„ 7 „	45 „

VIII. Versuch.

von 7 mm	46 Kilo
„ 10 „	47 „
„ 15 „	47 „
„ 20 „	47 „
„ 25 „	47 „
„ 40 „	43 „

IX. Versuch.

von 30 mm	43 Kilo
„ 25 „	47 „

von 20 mm	47 Kilo
„ 15 „	47 „
„ 10 „	47 „
„ 7 „	46 „

X. Versuch.

von 7 mm	47 Kilo
„ 10 „	47 „
„ 15 „	47 „
„ 20 „	47 „
„ 25 „	47 „
„ 30 „	43 „

XI. Versuch.

von 7 mm	47 Kilo
„ 10 „	47 „
„ 15 „	47 „
„ 20 „	47 „
„ 25 „	47 „
„ 30 „	43 „

XII. Versuch.

von 30 mm	44 Kilo
„ 25 „	47 „
„ 20 „	47 „
„ 15 „	47 „
„ 10 „	47 „
„ 7 „	47 „

XIII. Versuch.

von 7 mm	47 Kilo
„ 10 „	47 „
„ 15 „	47 „
„ 20 „	47 „
„ 25 „	47 „
„ 30 „	44 „

XIV. Versuch.

von 30 mm	50 Kilo
„ 25 „	52 „
„ 20 „	52 „
„ 15 „	52 „
„ 10 „	52 „
„ 7 „	52 „

XV. Versuch.

von 7 mm	53 Kilo
„ 10 „	53 „
„ 15 „	53 „
„ 20 „	53 „
„ 25 „	53 „
„ 30 „	51 „

XVI. Versuch.

von 30 mm	51 Kilo
„ 25 „	53 „
„ 20 „	53 „
„ 15 „	53 „
„ 10 „	53 „
„ 7 „	53 „

XVII. Versuch.

von 7 mm	53 Kilo
„ 10 „	53 „
„ 15 „	53 „
„ 20 „	53 „
„ 25 „	53 „
„ 30 „	51 „

XVIII. Versuch (von Herrn Dr. Treves).

von 7 mm	47 Kilo
„ 10 „	47 „

von 15 mm	47 Kilo
„ 20 „	47 „
„ 25 „	47 „
„ 30 „	43 „

XIX. Versuch (von Herrn Dr. Treves).

von 7 mm	53 Kilo
„ 10 „	53 „
„ 15 „	53 „
„ 20 „	53 „
„ 25 „	53 „
„ 30 „	51 „

XX. Versuch (von Herrn stud. med. Franz Cohn).

von 7 mm	60 Kilo
„ 10 „	60 „
„ 15 „	60 „
„ 20 „	60 „
„ 25 „	60 „
„ 30 „	57 „

XXI. Versuch (von Herrn J.)

von 7 mm	53 Kilo
„ 10 „	53 „
„ 15 „	53 „
„ 20 „	53 „
„ 25 „	53 „
„ 30 „	51 „

Was zuerst bei Durchsicht vorstehender Tabellen aufgefallen sein wird, wird die Grösse der Gewichte sein, welche der Kiefer zu heben vermag. Schon Sauer wies in einem Artikel der „Monatsschrift für Zahnheilkunde“ auf die bedeutende Kraft hin, mit welcher der Mensch beisst. Er berechnet sie durchschnittlich ungefähr auf

einen halben Centner. Wie wir aber aus unseren Versuchen erkennen, ist selbst dieses Gewicht noch viel zu niedrig gegriffen und die Kraft noch mindestens um das Doppelte grösser. Ausserdem müssen wir noch bedenken, dass bei unseren Versuchen nur die Gegend der Schneidezähne zur Thätigkeit kam, und dass in der Gegend der Mahlzähne, also dem Drehpunkte des Kiefers näher, die Kraft des Bisses noch eine höhere ist.

Weiter geht aus den vorstehenden Tabellen hervor, dass die Kraft der Kiefermuskulatur bei jeder Stellung der Kiefer zu einander in fast gleichem Umfange zur Wirkung gelangt. Fragen wir uns, woher kommt dieses? Wie wir wissen, ist die Kraft eines Muskels um so grösser, je grösser sein Querschnitt ist und vor allen Dingen je mehr er sich im rechten Winkel an seinen Knochenhebel anheftet. Diese idealen Verhältnisse finden wir nun namentlich bei dem Hauptmuskel der Kaumuskulatur, dem Masseter. Aber dieser Vorzug käme nur der Kraftleistung bei möglichst geschlossenem Munde zu gute, und wir hätten dann bei unseren Versuchen eigentlich eine absteigende Reihe von Werten bekommen sollen. Da nun aber das Kiefergelenk so eingerichtet ist, dass bei mehr oder minder weiter Eröffnung der Zahnreihen der Processus condyloideus mit dem Meniscus aus der Fossa mehr oder minder weit auf das Tuberculum articulare gleitet, so wird durch diese Organisation bewirkt, dass die Stellung der Hauptmuskeln der Kiefermuskulatur zum Knochen eine möglichst senkrechte bleibt, und ihre Kraft bei Ueberwindung von Widerständen ungefähr in gleich starker Weise zum Ausdruck gelangt. Hierdurch unterscheidet sich das Kiefergelenk von allen anderen Gelenken und wird es vor allen anderen besonders leistungsfähig gemacht. Die Strecke, um welche der Processus aus der Pfanne vorrücken kann, beträgt nach meiner Schätzung etwa fünf bis acht Millimeter.

Wollen wir nun einen Vergleich der Kaumuskeln mit anderen Muskeln anstellen, so handelt es sich darum ihre absolute Kraft aufzufinden. Namhafte Forscher suchten diese bereits für menschliche Muskeln zu bestimmen, und zwar waren es vor anderen Eduard Weber, der hierfür die Wadenmuskeln und Henke, der die Beugemuskeln des Vorderarms wählte. Unter der absoluten Kraft eines Muskels verstehen wir den auf die Querschnittseinheit reducierten Wert seiner Kraft. Man findet nach Weber den Querschnitt eines Muskels dadurch, dass man sein Gewicht fesstellt und dieses durch das specifische Gewicht der Muskelsubstanz, nämlich 1,058, dividiert. Das Product, welches das Volumen ergiebt, dividiert man dann wieder durch die Länge des Muskels. Es bezeichne nun P das Gewicht, V sein Volumen, L seine Länge, K seine Kraft, Qu seinen Querschnitt, dann ergeben sich, um noch einmal die Berechnung der absoluten Kraft kurz zusammenzufassen, folgende Formeln:

$$P : s = V$$

$$\frac{V}{L} = Qu$$

$$\frac{K}{Qu} = \text{Absoluter Kraft.}$$

Die Muskeln der Frösche haben nach genauen Untersuchungen Rosenthals für einen Quadratcentimeter Querschnitt eine absolute Kraft von 2,8 bis 3 Kilo. Hinsichtlich der menschlichen Muskeln hat man als absolute Kraft folgende Werte gefunden:

Für die Wadenmuskeln	1,087 Ko.	Ed. Weber
„ „ „	4 „	Henke
„ „ „	9—10 „	Koster
„ „ Fussstrecker	5,9 „	Henke u. Knorz
„ „ Unterschenkelbeuger	7,78 „	Haugthon
„ „ Armbeuger	6,67 „	Haugthon

Für die Armbeuger	(rechts)	8,991 „	Henke u. Knorz
„ „ „	(links)	7,38 „	Henke u. Knorz
„ „ „	(Mittelwert)	8,178 „	Henke u. Knorz
„ „ „	(rechts u. links)	7,4 „	Koster.

Versuchen wir nun auch für die Kaumuskeln die absolute Kraft zu ermitteln! Wir haben zu dem Zwecke die Last und ebenso die Kraft mit den Hebellängen zu multiplicieren; wir erhalten dann die statischen Momente, welche einander gleich sind. An der Hebebewegung des Kiefers beteiligen sich, wie wir wissen, der Masseter, Temporalis und Pterygoideus internus. Diese Muskeln leisten zusammen ein Gewicht von 60 Kilo, wenn wir das höchste, das wir durch unsere Versuche gewonnen haben, nehmen wollen. Hierzu hätten wir eigentlich noch die Schwere des Unterkiefers ca. 70 Gramm zu addieren, was wir aber wegen der Unbedeutendheit dieses Gewichtes nicht thun wollen.

Nach Untersuchungen, die ich im hiesigen anatomischen Institute an der Leiche eines jugendlich kräftigen, männlichen Individuums gemacht habe, beträgt nun die Länge des Masseter 7 Centimeter, sein Gewicht 21 Gramm, die Länge des Temporalis 11 Centimeter, sein Gewicht 28 Gramm, die Länge des Pterygoideus internus 5,5 Centim., sein Gewicht 7 Gramm. Berechnen wir nun nach der vorhin angeführten Methode aus absolutem Gewicht, specifischem Gewicht und Länge den Querschnitt der einzelnen Muskeln, so finden wir einen solchen für den Masseter von 2,84 Quadratcentimetern, für den Temporalis von 2,42 Quadratcentimetern und für den Pterygoideus internus von 1,20 Quadratcentimetern. Die Summe aller dieser Querschnitte ist 6,46 Quadratcentimeter.

Wir dürfen aber im weiteren Verlauf unserer Berechnung nicht vergessen, dass die Kraft, durch welche das Gewicht von 60 Kilo erzielt wurde, auf doppelseitiger Wirkung beruht, denn wir haben ja jederseits des Kiefers einen Knochen-

hebel und an demselben einen Masseter, einen Temporalis und einen Pterygoideus internus. Wir müssen also die letztgenannte Zahl noch halbieren und bekommen damit ein Gewicht von 30 Kilo. Wir müssen ferner die Länge des Hebels, an welchem die Kaumuskeln wirken, zu bestimmen suchen. Die Hebellänge für die Last (b), das heisst die Entfernung vom Processus condyloideus nach der Protuberantia mentalis, beträgt etwa 13 cm., die Hebellänge für die Kraft (a), das heisst die Entfernung vom Processus condyloideus bis zum unteren Kieferrande und in die Mitte des Messeteransatzes beträgt etwa 6 cm. Wir können nun die Berechnung in folgender Formel kurz vor Augen führen:

$$K = a = L.\ b$$

$$K = L.\ \frac{b}{a}\ 30\ \text{Kilo}\ \frac{b}{a}$$

$$= 30\ \text{Kilo}\ \frac{13}{6}$$

Es ergiebt sich als höchster gefundener Wert der Kraft der Wert von 65 Kilo. Der Mittelwert würde etwa 55 Kilo sein. Reducieren wir dieses Gewicht noch auf die Querschnittseinheit, so haben wir endlich als absolute Kraft für die Kaumuskeln 10,06 Kilo resp. 8,5 Kilo, wenn wir den Mittelwert nehmen. Diese Werte sind grösser als die meisten bisher für andere Muskeln angegebenen; nur Koster hat für die Wadenmuskeln 9—10 Kilo gefunden. Nun hängt aber die Kraft der Muskeln von ihrem Ernährungszustand und dieser wiederum hauptsächlich von der Uebung ab. Die Kaumuskeln gehören aber zu den am meisten geübten Muskeln. Es ist daher sehr erklärlich, dass wir an ihnen die höchsten Werte finden müssen.

Anhangsweise möchte ich diesen Auseinandersetzungen noch die Erwähnung einiger kleiner Experimente, die ich mit Nüssen und Zähnen anstellte, folgen lassen. Welche Kraft wenden wohl die Kaumuskeln an, um eine Nuss zu

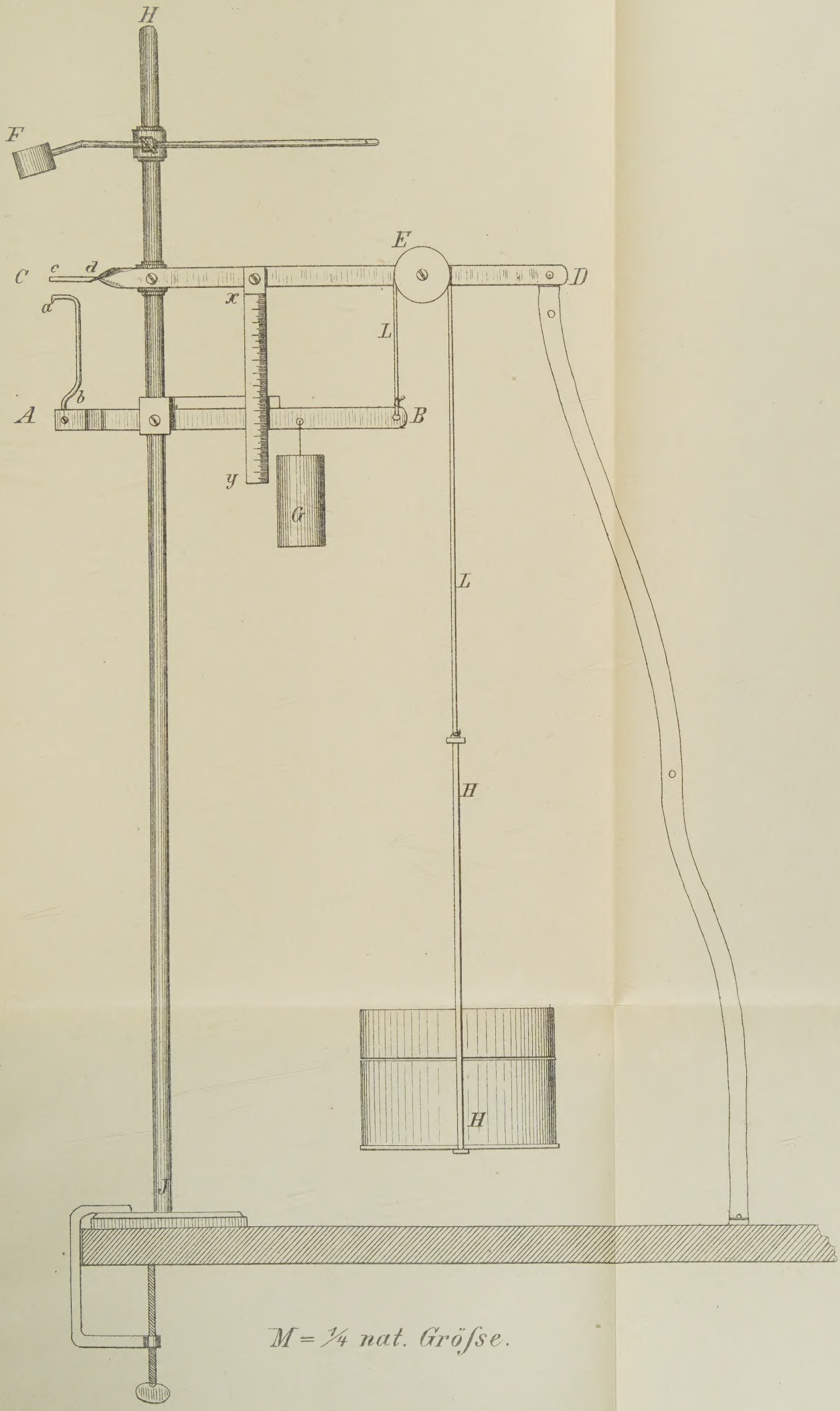
knacken, und welche Kraft ist erforderlich, um die Substanz eines Zahnes zu zerstören? Ich belastete, um über die erstere Frage Aufklärung zu erlangen, jedesmal eine Haselnuss nach und nach mit Gewichten, bis sie zerbrach. Die Spaltbarkeit der Nüsse mag nun zwar individuell verschieden sein, jedenfalls lässt sich aus den gefundenen Werten aber doch ein mittlerer gewinnen. Von Nüssen, die ich mit der Breitseite hinlegte, zerbrach die eine bei einer Belastung von 25 Kilo, eine andere bei solcher von 28 Kilo und die übrigen ertrugen eine Belastung von 33 bis 34 Kilo. In der Längsrichtung belastet, brachen alle unter einem Gewicht von 27 bis 28 Kilo.

Für die Versuche mit Zähnen verwendete ich zwei gesunde, wegen Stellungsanomalie extrahierte menschliche Zähne. Ich spannte dieselben in einen Schraubstock und belastete den Hebel durch an einem Ende nach und nach angehängte Gewichte. Bei 10 Kilo zerbrach jedesmal der Zahn. Darauf berechnete ich die Länge des Hebels, welche 15 Centimeter betrug, und multiplicierte damit das Gewicht von 10 Kilo. Es ergab sich daraus für die Zähne eine Belastungsfähigkeit von ca. 150 Kilo.

Die Versuche zu vorstehender Arbeit wurden grösstenteils im physiologischen Institute der Universität Erlangen gemacht. Dem Leiter desselben, Herrn Professor Dr. J. Rosenthal sowie dessen früherem Assistenten, jetzigem Assistenten des Herrn Professor Mosso in Turin Herrn Dr. Treves spreche ich für die mancherlei freundliche Unterstützung meinen herzlichsten Dank aus.

Lebenslauf.

Arthur Albert Reinhold Schroeder, evangelischer Konfession, Sohn des Königl. Eisenbahn-Bureau-Assistenten Julius Schroeder und dessen Ehefrau Wilhelmine geb. Köppen, wurde am 12ten October 1868 zu Greifswald geboren. Er besuchte die Gymnasien zu Greifswald, Cottbus, Treptow a/R., widmete sich zuerst dem kaufmännischen Berufe und studierte von October 1892 ab an den Universitäten Berlin, Freiburg i. Br., Breslau, Erlangen Zahnheilkunde und Naturwissenschaften. Am 25ten November 1895 erhielt er die zahnärztliche Approbation und am 11ten December 1895 wurde er zum Doktor der Philosophie promoviert.



M = ¼ nat. Gröſse.